

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-263871

(43)Date of publication of application : 07.10.1997

(51)Int.Cl.

C22C 23/06

B21J 5/00

C22F 1/06

(21)Application number : 08-076175

(71)Applicant : MITSUI MINING & SMELTING CO  
LTD

HITACHI METALS LTD

TOKYO SEITANKOUSHIYO:KK

(22)Date of filing : 29.03.1996

(72)Inventor : KUBOTA KOHEI  
SATO SHINTARO

SEKI ISAO

HAMA YASUO

KOJIMA AKIRA

KAMATSUCHI SHIGE HARU

TANIIKE SHIGEHIRO

## (54) HOT FORGED PRODUCT MADE OF HIGH STRENGTH MAGNESIUM ALLOY AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide parts made of Mg alloy, excellent in strength at high temp. as well as in strength at room temp. and suitable for use as automobile engine parts requiring the reliability of strength at room temp. as well as at high temp., and its production.

SOLUTION: The hot forged product made of Mg alloy has a composition consisting of, by weight, (a) 4-15% of Gd or Dy, (b) 0.8-5% of at least one element selected from the group consisting of Ca, Y, and lanthanoide series [excluding components (a)], and the balance Mg and further containing, if necessary, 2% of Zr and/or Mn and also has excellent strength at high temp. as well as at room temp. This hot forged product made of Mg alloy can be produced by subjecting a forging material made of the Mg alloy to homogenizing heat treatment at 430-570° C for 2-7hr and then to hot forging while regulating the temp. of the forging material to 380-570° C and also regulating the temp. of a die, preferably, to a temp. lower than the temp. of the forging material, at 250-400° C.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

Searching PAJ

2/2/97

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] (a) a gadolinium — or — a dysprosium — four — — — 15 — % of the weight — and — (— b —) — calcium — an yttrium — and — a lanthanoids — [— (— a —) — a component — removing —] — \*\*\*\* — becoming — a group — \*\*\*\* — choosing — having had — at least — one — a sort — an element — 0.8 — — — five — % of the weight — containing — the remainder — magnesium — being unescapable — an impurity — \*\*\*\* — becoming — a

[Claim 2] (a) a gadolinium — or — a dysprosium — four — — — 15 — % of the weight — (— b —) — calcium — an yttrium — and — a lanthanoids — [— (— a —) — a component — removing —] — \*\*\*\* — becoming — a group — \*\*\*\* — choosing — having had — at least — one — a sort — an element — 0.8 — — — five — % of the weight — and — (— c —) — a zirconium — and — manganese — \*\*\*\* — becoming — a

[Claim 3] The hot-forging article made from a Magnesium alloy with which the mechanical strength of the hot-forging article made from a Magnesium alloy according to claim 1 or 2 is characterized by being 230 or more MPas in 250 degrees C from a room temperature.

[Claim 4] The hot-forging article made from a Magnesium alloy characterized by the hot-forging articles made from a Magnesium alloy according to claim 1, 2, or 3 being autoparts.

[Claim 5] The hot-forging article made from a Magnesium alloy characterized by autoparts according to claim 4 being the pistons for engines.

[Claim 6] The manufacturing method of the hot-forging article made from a Magnesium alloy according to claim 1 or 2 characterized by carrying out homogenization heat treatment of the charge of forging material which consists of a Magnesium alloy according to claim 1 or 2 at 430–570 degrees C for 2 to 7 hours, and carrying out hot forging, using temperature of this charge of forging material as 380–570 degrees C.

[Claim 7] The manufacturing method of the hot-forging article made from a Magnesium alloy according to claim 1 or 2 characterized by carrying out homogenization heat treatment of the charge of forging material which consists of a Magnesium alloy according to claim 1 or 2 at 430–570 degrees C for 2 to 7 hours, making temperature of this charge of forging material into 380–570 degrees C, being lower than the temperature of this charge of forging material, and carrying out hot forging of the die temperature in 250–400 degrees C.

[Claim 8] The manufacturing method of the hot-forging article made from a Magnesium alloy according to claim 1 or 2 characterized by carrying out age-hardening heat treatment of the hot-forging article which carried out hot forging and was obtained by technique according to claim 6 or 7 at 180–290 degrees C for 2 to 400 hours.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the hot-forging article and its manufacturing method of the product made from a Magnesium alloy which has intensity sufficient also at the elevated temperature to 200 degrees C or about 250 degrees C currently demanded in lightweight-izing of the parts of the circumference of the piston of the engine for automobiles etc. in detail about the hot-forging article and its manufacturing method of the product excellent in the room temperature intensity and the high temperature strength made from a Magnesium alloy.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the request of the enhancement of an automobile in mpg became strong, and the development of the lightweight material for automobiles has become asked strongly from the rise of the consciousness of earth-environment maintenance. In the metallic material put in practical use now, a Magnesium alloy is a low density most and is strongly expected as a future lightweight material for automobiles. The Magnesium alloy present most generally used is a Mg-aluminum-Zn-Mn system alloy (for example, AZ91 alloy =Mg-9aluminum-1Zn-0.2Mn), circumference techniques, such as foundry technique of this alloy, are in a completion phase, and this alloy is first examined in the formation of automobile lightweight. Moreover, recently, the Mg-Gd-Y system alloy (alloy given in JP,7-122115,B) and Mg-Dy-Nd system alloy (alloy given in JP,7-122112,B) which added the lanthanoids (Ln) are developed and released as a Magnesium alloy for heat proofs, and it is beginning to inquire as engine parts for automobiles.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, under a service-temperature condition 120 degrees C or more, since an intensity falls, the above-mentioned Mg-aluminum-Zn-Mn system alloy does not fit the intended use of the parts with which thermal resistance is demanded also in the engine parts for automobiles. The highest is also about 230 MPas and, as for the 250-degree C tensile strength of the heat-resistant Magnesium alloy currently used conventionally, the thermal resistance beyond it is demanded. Moreover, although the above-mentioned heat-resistant Mg-Gd-Y system alloy and the Mg-Dy-Nd system alloy are fabricated with casting, the method of fabricating other than casting is requested from molding of the engine parts for automobiles with which misgiving of the on-the-strength fall by the casting defect etc. is in the parts fabricated with casting, therefore especially a strong reliability is demanded.

[0004] this invention is made in view of the technical problem which such conventional technique has, and the purpose of this invention is to offer the part made from a Magnesium alloy excellent in the room temperature intensity and high temperature strength suitable for using as engine parts for automobiles with which a strong reliability is demanded about the both sides of an elevated temperature and a room temperature and its manufacturing method, the part made from the Magnesium alloy which specifically has the tensile strength of 230 or more MPas in 250 degrees C from a room temperature, and its manufacturing method.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, as a result of repeating a study variously about hot forging of various Magnesium alloys, using the specific Magnesium alloy containing a gadolinium or a dysprosium, by forging under a specific condition, this invention person etc. found out that it was possible to obtain the hot-forging article excellent in the room temperature intensity and the high temperature strength made from a Magnesium alloy, and reached this invention.

[0006] this invention 4 - 15 % of the weight of namely, (a) gadoliniums or dysprosiums, And 0.8 - 5 % of the weight of at least one sort of elements chosen out of the group which consists of (b) calcium, an yttrium, and a lanthanoids [(a) component is removed] is contained. Furthermore, 2 or less % of the weight of at least one sort of elements chosen out of the group which consists of a (c) zirconium and manganese by request is contained, the remainder consists of magnesium and an unescapable impurity, and the hot-forging article excellent in the room temperature intensity and the high temperature strength made from a Magnesium alloy is offered.

[0007] Moreover, this invention offers the manufacturing method of the hot-forging article made from the above-mentioned Magnesium alloy which carries out homogenization heat treatment of the charge of forging material which consists of the above-mentioned Magnesium alloy at 430-570 degrees C for 2 to 7 hours, makes temperature of this charge of forging material 380-570 degrees C, and is characterized by being lower than the temperature of this charge of forging material, and carrying out hot forging of the die temperature in 250-400 degrees C preferably. Furthermore, the manufacturing method of the hot-forging article made from the above-mentioned Magnesium alloy characterized by this invention carrying out age-hardening heat treatment of the hot-forging article which carried out hot forging and was obtained by the above-mentioned technique at 180-290 degrees C for 2 to 400 hours is offered.

[0008] The Magnesium alloy which constitutes the hot-forging article of this invention is indicated by JP,7-122115,B and JP,7-122112,B, the ground for limitation of the composition domain of those Magnesium alloys is as being indicated by JP,7-122115,B and JP,7-122112,B, and those Magnesium alloys reconcile a cost, a room temperature intensity, and a high temperature strength. Problems, such as a crack accompanied by forging, can obtain a hot-forging article without being generated by choosing specific hot-forging conditions using the material which consists of a Magnesium alloy of such a composition domain.

[0009] If the big and rough compound has crystallized the Magnesium alloy which constitutes the hot-forging article of this invention to the grain boundary, it remains as it is to it and is forged into it in the state of casting, a crack will arise in the grain-boundary section. In order to prevent such a crack in the case of forging, it is necessary to perform homogenization heat treatment to a Magnesium alloy. About the conditions of homogenization heat treatment, although the lower limit of heat treatment temperature is decided by the relation with heat treatment time and there is no critical value, in order to attain homogenization heat treatment by within a time

[ practical ], it is desirable that it is 430 degrees C or more. On the other hand, in order to prevent oxidization of a Magnesium alloy, the danger of ignition, or the risk of a precipitation of a compound arising again at the time of cooling after heat treatment, and leading to a crack, as for the upper limit of heat treatment temperature, it is desirable that it is 570 degrees C or less. A heat treatment temperature requirement is 450-550 degrees C more preferably. When heat treatment temperature is made into 430-570 degrees C, the heat treatment time taken to attain the desired homogenization heat treatment effect is about 2 - 7 hours.

[0010] If the temperature of the Magnesium alloy material [ itself ] for forging at the time of carrying out hot forging (for example, billet) is low, it will be easy to produce a crack. In order to prevent occurrence of a crack, it is desirable to make temperature of the Magnesium alloy material [ itself ] for forging into 380 degrees C or more, and to forge it. On the other hand, since there are oxidization of a Magnesium alloy and danger of ignition when the temperature of the Magnesium alloy material [ itself ] for forging is too high, in order to prevent such danger, it is desirable that it is 570 degrees C or less.

[0011] When the temperature of the metal mold at the time of carrying out hot forging is too low, the temperature of a Magnesium alloy material is made to fall abruptly at the time of forging. Therefore, it is desirable to carry out hot forging of the temperature of metal mold above 250

degrees C, although it is lower than the temperature of the Magnesium alloy material [ itself ] for forging. However, since it becomes waste of heat energy and time and a mold life is shortened, it is not desirable to make temperature of metal mold higher than 400 degrees C. Moreover, as a forging speed, 0.2–1.3m/about s are desirable.

[0012] As for the hot-forging article made from a Magnesium alloy obtained by the manufacturing method of this invention, an age-hardening is attained by the aging treatment. as the aging-treatment condition, it is desirable that it is about 2 – 400 hours at 180–290 degrees C, and it raises the hardness of a forging 30 to 40% by the aging treatment of this level as compared with an unsettled forging — things can be carried out A mechanical strength also improves by enhancement in this hardness.

[0013] It is suitable for a mechanical strength being 230 or more MPas in the domain of 250 degrees C from a room temperature, therefore using the hot-forging article made from the Magnesium alloy of this invention as autoparts, especially a piston for engines.

[0014]

[Example]

The raw material was inserted in and it was made to melt in the vacuum melting furnace of the examples 1–12 and the example 1 of a comparison, – 6 argon ambient atmosphere so that it may become the alloy of the composition (weight %) shown in Table 1, respectively. As a crucible, SUS304 material was used and flux etc. was not used. The billet for an examination with a diameter [ of 36mm ] x height of 48mm was produced by casting from each molten metal. Thus, homogenization heat treatment was carried out under the condition which shows each obtained billet for an examination in Table 2, and it forged into the product of the configuration shown in drawing 1 by the billet temperature shown in Table 2, and the die temperature. The forging speed in this case presupposed that 0.7m/s is fixed. Thus, the front face of the obtained forging was observed and the existence of a micro crack or a crack was checked. This serves as the decision criterion of the propriety of forging conditions.

[0015]

Table 1 The modality of alloy \*\* Gold Group \*\* A Mg–10Gd–3calcium B Mg–10Gd–1Y C Mg–10Gd–4Y D Mg–10Gd–3Nd E Mg–4Gd–1Mm(misch metal)–0.6Zr F Mg–5Gd–1Nd–0.6Zr G Mg–10Gd–3Nd–0.6Zr H Mg–15Gd–5Nd–0.6Zr IMg–10Gd–3Y–0.6Zr J Mg–10Gd–3Y–0.5Mn K Mg–10Dy–3Y L Mg–5Dy–1Nd–0.6Zr M Mg–10Dy–3Nd–0.6Zr N Mg–10Dy–3calcium–0.6Zr [0016]

Table 2 Example number Alloy kind Heat treatment temperature Heat treatment time Billet temperature Die temperature Forgeability example 1 A 500 degrees C 4h 470 degrees C 300 degrees C N example 2 B 500 degrees C 4h 500 degrees C 270 degrees C N example 3 C 500 degrees C 4h 500 degrees C 350 degrees C N example 4 D 500 degrees C 4h 470 degrees C 400 degrees C N example 5E 450 degrees C 4h 450 degrees C 380 degrees C N example 6 F 500 degrees C 4h 450 degrees C 350 degrees C N example 7 G 500 degrees C 4h 500 degrees C 270 degrees C N example 8 H 550 degrees C 3h 550 degrees C 300 degrees C N example 9 I 500 degrees C 4h 450 degrees C 400 degrees C N example 10 J 500 degrees C 6h 450 degrees C 300 degrees C N example 11 K 500 degrees C 4h 500 degrees C 350 degrees C N example 12 L 500 degrees C 4h 500 degrees C 300 degrees C N example 13 M 450 degrees C 6h 550 degrees C 270 degrees C N example 14 N 450 degrees C 6h 350 degrees C 300 degrees C Example 1 of N comparison I 500 degrees C 4h 350 degrees C 220 degrees C Example 2 of C comparison M 400 degrees C 4h 450 degrees C 430 degrees C Example 3 of M comparison I 600 degree–C (ignition)– – – Example 4 of Comparison G 550 Degrees C 2h 500 degrees C 350 degrees C Example 5 of C comparison E 350 degrees C 8h 450 degrees C 300 degrees C Example 6 of M comparison H 550 degrees C 1h 500 degrees C 380 degrees C M N of the card column of a forgeability is crack nothing, and M is micro crack \*\*\*\*. C means crack \*\*\*\*.

[0017] Each billet for an examination of the modalities G, I, and M of alloy which carried out like a publication and was obtained for the examples 13–15, seven to example of comparison 8 examples 1–12, and the examples 1–6 of a comparison was homogenized in heat treatment temperature of 500 degrees C, and heat treatment time 4 hours, and it forged into the product of the configuration shown in drawing 1 by the billet temperature of 470 degrees C, and 300 degrees C of die temperatures. The forging speed in this case presupposed that 1.0m/s is fixed.

Thus, the aging treatment was carried out under the condition which shows the obtained forging in Table 3. The hardness of the forging in front of an aging treatment and after an aging treatment was measured by  $n=5$  for micro Vickers, the test load of 300g, load holding-time 30 seconds. The result was as being shown in Table 3.

[0018]

Table 3 Example number Alloy kind Aging-treatment temperature Aging-treatment time Hardness before aging After [ aging of ] hardness example 13 G 250 degrees C 5h 90 130 examples 14 I 280 degrees C 12h 95 135 examples 15 M 200 degrees C 50h 90 Example 7 of 130 comparisons G 250 degrees C 500h 90 Example 8 of 90 comparisons I 150 degrees C 10h 90 90 (in the case of the example 7 of a comparison, it is the result of being based on an overaging) .

[0019] The test piece for tensile strength measurement was created by logging from the product of alloy kind G with which the forging and the aging treatment obtained by the technique of a publication in the example 16 example 13 were given. As contrast material with moreover, casting indicated for the examples 1-12 and the examples 1-6 of a comparison The aforementioned alloy kind G, WE54 alloy (4.0 % of the weight of Nds, and 5.0 % of the weight of Y) 0.6 % of the weight of Zr and the remainder are an AZ91C alloy (9.0 % of the weight of aluminum), and it is Mg except for an unescapable impurity. 0.7 % of the weight of Zn, 0.2 % of the weight of Mn, and the remainder created the test piece for tensile strength measurement by logging from each product which gave and obtained the aging treatment without creating and forging the billet for an examination which consists of being Mg except for an unescapable impurity. When asked for the relation between temperature and tensile strength about four sorts of these test pieces, it was as being shown in drawing 2 . About tensile strength, the forging by this invention is superior to three sorts of other test pieces in 250 degrees C from the room temperature, has the tensile strength of about 300 MPas also in 250 degrees C, and is excellent in thermal resistance so that clearly from drawing 2 .

[0020] The forging of modality G of the alloy which carried out like a publication and was obtained for example 17 examples 1-12 and the examples 1-6 of a comparison was homogenized in heat treatment temperature of 530 degrees C, and heat treatment time 4 hours, and ten pistons of the configuration shown in drawing 3 by the forging temperature of 500 degrees C and 300 degrees C of die temperatures were forged. (A) of drawing 3 is a bottom plan view, and (B) is an A-A line cross section. It was the piston which neither a crack nor a micro crack is accepted also in the piston of what \*\*, and has sufficient heat-resistant intensity in 250 degrees C from a room temperature.

[0021]

[Effect of the Invention] The hot-forging article excellent in the room temperature intensity and high temperature strength suitable for using according to the manufacturing method of this invention as engine parts for automobiles with which a strong reliability is demanded about the both sides of an elevated temperature and a room temperature made from a Magnesium alloy is offered.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the cross section of the forging forged in the examples 1-12 and the examples 1-6 of a comparison.

[Drawing 2] It is the graph which shows the relation between temperature and tensile strength about four sorts of test pieces obtained in the example 16.

[Drawing 3] It is the bottom plan view (A) and A-A line cross section (B) showing the configuration of the piston fabricated in the example 17.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

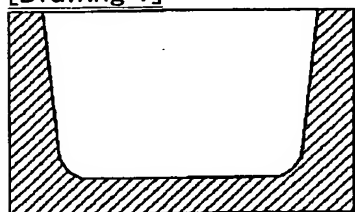
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

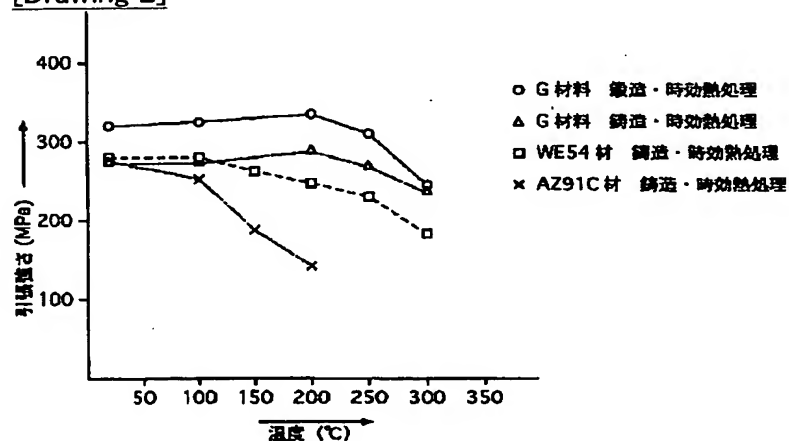
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

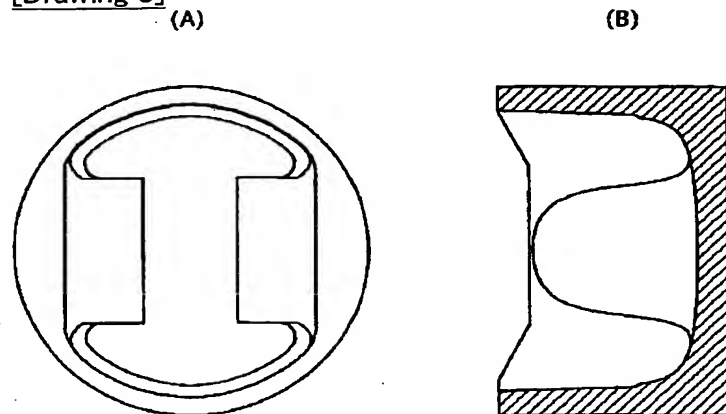
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-263871

(43) 公開日 平成9年(1997)10月7日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 23/06			C 2 2 C 23/06	
B 2 1 J 5/00			B 2 1 J 5/00	B
C 2 2 F 1/06			C 2 2 F 1/06	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平8-76175	(71) 出願人	000006183 三井金属鉱業株式会社 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
(22) 出願日	平成8年(1996)3月29日	(71) 出願人	000005083 日立金属株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号
特許法第30条第1項適用申請有り 平成7年10月20日 軽金属学会発行の「第89回秋期大会講演概要」に発表		(71) 出願人	595044650 株式会社東京精鍛工所 千葉県市川市塩浜2丁目19番地
		(72) 発明者	久保田 耕平 埼玉県上尾市原市1333-2 三井金属鉱業 株式会社総合研究所内
		(74) 代理人	弁理士 渡辺 望裕 (外1名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度マグネシウム合金製の熱間鍛造品及びその製造法

(57) 【要約】

【課題】 高温と室温の双方について強度の信頼性が要求される自動車用エンジン部品として用いるのに適している室温強度及び高温強度に優れたMg合金製部品及びその製造法を提供すること。

【解決手段】 (a) Gd又はDy 4～15重量%、及び (b) Ca、Y及びランタノイド[(a)成分を除く] からなる群から選ばれた少なくとも1種の元素0.8～5重量%を含有し、更に所望により(c) Zr及びMnからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素2重量%以下を含有し、残部がMgからなり、室温強度及び高温強度に優れているMg合金製の熱間鍛造品、及び該Mg合金からなる鍛造用材料を430～570℃で2～7時間均質化熱処理し、該鍛造用材料の温度を380～570℃とし、好ましくは金型温度を該鍛造用材料の温度よりも低く、250～400℃の範囲で熱間鍛造する、Mg合金製の熱間鍛造品の製造法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】(a) ガドリニウム又はジスプロシウム4～15重量%、及び(b) カルシウム、イットリウム及びランタノイド〔(a)成分を除く〕からなる群から選ばれた少なくとも1種の元素0.8～5重量%を含有し、残部がマグネシウムと不可避の不純物からなり、室温強度及び高温強度に優れているマグネシウム合金製の熱間鍛造品。

【請求項2】(a) ガドリニウム又はジスプロシウム4～15重量%、(b) カルシウム、イットリウム及びランタノイド〔(a)成分を除く〕からなる群から選ばれた少なくとも1種の元素0.8～5重量%、及び(c) ジルコニウム及びマンガンからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素2重量%以下を含有し、残部がマグネシウムと不可避の不純物からなり、室温強度及び高温強度に優れているマグネシウム合金製の熱間鍛造品。

【請求項3】請求項1又は2記載のマグネシウム合金製の熱間鍛造品の機械的強度が、室温から250℃の範囲で230MPa以上であることを特徴とするマグネシウム合金製の熱間鍛造品。

【請求項4】請求項1、2又は3記載のマグネシウム合金製の熱間鍛造品が自動車部品であることを特徴とするマグネシウム合金製の熱間鍛造品。

【請求項5】請求項4記載の自動車部品がエンジン用ピストンであることを特徴とするマグネシウム合金製の熱間鍛造品。

【請求項6】請求項1又は2記載のマグネシウム合金からなる鍛造用材料を430～570℃で2～7時間均質化熱処理し、該鍛造用材料の温度を380～570℃として熱間鍛造することを特徴とする請求項1又は2記載のマグネシウム合金製の熱間鍛造品の製造法。

【請求項7】請求項1又は2記載のマグネシウム合金からなる鍛造用材料を430～570℃で2～7時間均質化熱処理し、該鍛造用材料の温度を380～570℃とし、金型温度を該鍛造用材料の温度よりも低く、250～400℃の範囲で熱間鍛造することを特徴とする請求項1又は2記載のマグネシウム合金製の熱間鍛造品の製造法。

【請求項8】請求項6又は7記載の方法で熱間鍛造して得た熱間鍛造品を180～290℃で2～400時間時効硬化熱処理することを特徴とする請求項1又は2記載のマグネシウム合金製の熱間鍛造品の製造法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は室温強度及び高温強度に優れたマグネシウム合金製の熱間鍛造品及びその製造法に関し、より詳しくは自動車用エンジンのピストン回りの部品などの軽量化において要請されている200℃あるいは250℃程度までの高温でも十分な強度を有するマグネシウム合金製の熱間鍛造品及びその製造法に

関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、地球環境保全の意識の高まりから、自動車の燃費向上の要請が強まり、自動車用軽量材料の開発が強く求められようになってきた。マグネシウム合金は現在実用化されている金属材料の中で最も低密度であり、今後の自動車用軽量材料として強く期待されている。現在、最も一般的に用いられているマグネシウム合金はMg-Al-Zn-Mn系合金(例えば、AZ91合金=Mg-9Al-1Zn-0.2Mn)であり、この合金の鍛造技術等の周辺技術は完成段階にあり、自動車軽量化にあたって先ずこの合金が検討されている。また、最近、耐熱用マグネシウム合金としてランタノイド(Ln)を添加したMg-Gd-Y系合金(特公平7-122115号公報に記載の合金)やMg-Dy-Nd系合金(特公平7-122112号公報に記載の合金)が開発、公表され、自動車用エンジン部品として検討され始めている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のMg-Al-Zn-Mn系合金は120℃以上の使用温度条件下では強度が低下するので、自動車用エンジン部品の中でも耐熱性が要求される部品の用途には適さない。従来実用されている耐熱性マグネシウム合金の250℃での引張強さは最高でも230MPa程度であり、それ以上の耐熱性が要望されている。また、上記の耐熱性Mg-Gd-Y系合金やMg-Dy-Nd系合金は鍛造法で成形されているが、鍛造法で成形された部品には鍛造欠陥等による強度低下の不安があり、従って、強度の信頼性が特に要求される自動車用エンジン部品の成形には鍛造法以外の成形法が要請される。

【0004】本発明は、このような従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、高温と室温の双方について強度の信頼性が要求される自動車用エンジン部品として用いるのに適している室温強度及び高温強度に優れたマグネシウム合金製部品及びその製造法、具体的には、室温から250℃の範囲で230MPa以上の引張強さを有するマグネシウム合金製部品及びその製造法を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者等は上記の課題を解決するために種々のマグネシウム合金の熱間鍛造について種々検討を重ねた結果、ガドリニウム又はジスプロシウムを含有する特定のマグネシウム合金を用い、特定の条件下で鍛造することにより、室温強度及び高温強度に優れているマグネシウム合金製の熱間鍛造品を得ることが可能であることを見出し、本発明に到達した。

【0006】即ち、本発明は、(a) ガドリニウム又はジスプロシウム4～15重量%、及び(b) カルシウム、イットリウム及びランタノイド〔(a)成分を除

く] からの群から選ばれた少なくとも1種の元素0.8~5重量%を含有し、更に所望により(c)ジルコニウム及びマンガンからの群から選ばれた少なくとも1種の元素2重量%以下を含有し、残部がマグネシウムと不可避の不純物からなり、室温強度及び高温強度に優れているマグネシウム合金製の熱間鍛造品を提供する。

【0007】また、本発明は、上記のマグネシウム合金からの群から鍛造用材料を430~570℃で2~7時間均質化熱処理し、該鍛造用材料の温度を380~570℃とし、好ましくは金型温度を該鍛造用材料の温度よりも低く、250~400℃の範囲で熱間鍛造することとを特徴とする上記のマグネシウム合金製の熱間鍛造品の製造法を提供する。更に、本発明は上記の方法で熱間鍛造して得た熱間鍛造品を180~290℃で2~400時間時効硬化熱処理することとを特徴とする上記のマグネシウム合金製の熱間鍛造品の製造法を提供する。

【0008】本発明の熱間鍛造品を構成するマグネシウム合金は特公平7-122115号公報及び特公平7-122112号公報に記載されているものであり、それらのマグネシウム合金の組成範囲の限定理由は特公平7-122115号公報及び特公平7-122112号公報に記載されている通りであり、それらのマグネシウム合金はコストと室温強度及び高温強度とを両立させるものである。そのような組成範囲のマグネシウム合金からの群から鍛造用材料を用い、特定の熱間鍛造条件を選ぶことにより、鍛造に伴う割れ等の問題は生じることなしで熱間鍛造品を得ることができる。

【0009】本発明の熱間鍛造品を構成するマグネシウム合金は鍛造状態では粒界に粗大な化合物が晶出しており、そのまま鍛造すると粒界部で割れが生じる。鍛造の際のこのような割れを防止するためには、マグネシウム合金に対して均質化熱処理を行う必要がある。均質化熱処理の条件については、熱処理温度の下限は熱処理時間との関係で決まり、臨界値はないが、実用的な時間内で均質化熱処理が達成されるためには430℃以上であることが好ましい。一方、熱処理温度の上限はマグネシウム合金の酸化や発火の危険性、あるいは熱処理後の冷却時に再度化合物の析出が生じて割れに繋がる危険性を防止するために570℃以下であることが好ましい。より好ましくは熱処理温度範囲は450~550℃である。熱処理温度を430~570℃とした場合に、所望の均質化熱処理効果を達成するのに要する熱処理時間は2~7時間程度である。

【0010】熱間鍛造する際の鍛造用マグネシウム合金\*

表 1	
合金の種類	合金組成
A	Mg-10Gd-3Ca
B	Mg-10Gd-1Y
C	Mg-10Gd-4Y
D	Mg-10Gd-3Nd

\* 材料(例えばピレット)自体の温度が低いと割れが生じやすい。割れの発生を防止するためには鍛造用マグネシウム合金材料自体の温度を380℃以上にして鍛造することが好ましい。一方、鍛造用マグネシウム合金材料自体の温度が高過ぎるとマグネシウム合金の酸化や発火の危険性があるので、そのような危険性を防止するために570℃以下であることが好ましい。

【0011】熱間鍛造する際の金型の温度が低過ぎると鍛造時にマグネシウム合金材料の温度を急激に低下させることになる。従って、金型の温度を鍛造用マグネシウム合金材料自体の温度よりも低いが、250℃以上で熱間鍛造することが好ましい。しかし、金型の温度を400℃よりも高くすることは熱エネルギー及び時間の浪費になり、金型寿命を短くするので好ましくない。また、鍛造速度としては0.2~1.3m/s程度が望ましい。

【0012】本発明の製造法で得られるマグネシウム合金製の熱間鍛造品は時効処理により時効硬化が達成される。その時効処理条件としては180~290℃で2~400時間程度であることが好ましく、この程度の時効処理で鍛造品の硬さを未処理鍛造品と比較して30~40%向上させることができる。この硬さの向上により機械的強度も向上する。

【0013】本発明のマグネシウム合金製の熱間鍛造品は機械的強度が室温から250℃の範囲で230MPa以上であり、従って自動車部品、特にエンジン用ピストンとして用いるのに適している。

【0014】

【実施例】

実施例1~12及び比較例1~6

アルゴン雰囲気真空溶解炉に、それぞれ表1に示す組成(重量%)の合金となるように原材料を装入し、溶解させた。坩堝としてSUS304材を使用し、フラックス等は使用しなかった。それぞれの溶湯から鍛造によって直径36mm×高さ48mmの試験用ピレットを作製した。このようにして得たそれぞれの試験用ピレットを表2に示す条件下で均質化熱処理し、表2に示すピレット温度、金型温度で図1に示す形状の製品に鍛造した。この際の鍛造速度は0.7m/sの一定とした。このようにして得た鍛造品の表面を観察してミクロクラックやクラックの有無を確認した。このことは鍛造条件の適否の判断基準となる。

【0015】

5		
E	Mg-4Gd-1Mm (ミッシュメタル) -0.6Zr	6
F	Mg-5Gd-1Nd-0.6Zr	
G	Mg-10Gd-3Nd-0.6Zr	
H	Mg-15Gd-5Nd-0.6Zr	
I	Mg-10Gd-3Y-0.6Zr	
J	Mg-10Gd-3Y-0.5Mn	
K	Mg-10Dy-3Y	
L	Mg-5Dy-1Nd-0.6Zr	
M	Mg-10Dy-3Nd-0.6Zr	
N	Mg-10Dy-3Ca-0.6Zr	

【0016】

表 2

例番号	合金種	熱処理温度	熱処理時間	ビレット温度	金型温度	鍛造性
実施例1	A	500℃	4h	470℃	300℃	N
実施例2	B	500℃	4h	500℃	270℃	N
実施例3	C	500℃	4h	500℃	350℃	N
実施例4	D	500℃	4h	470℃	400℃	N
実施例5	E	450℃	4h	450℃	380℃	N
実施例6	F	500℃	4h	450℃	350℃	N
実施例7	G	500℃	4h	500℃	270℃	N
実施例8	H	550℃	3h	550℃	300℃	N
実施例9	I	500℃	4h	450℃	400℃	N
実施例10	J	500℃	6h	450℃	300℃	N
実施例11	K	500℃	4h	500℃	350℃	N
実施例12	L	500℃	4h	500℃	300℃	N
実施例13	M	450℃	6h	550℃	270℃	N
実施例14	N	450℃	6h	350℃	300℃	N
比較例1	I	500℃	4h	350℃	220℃	C
比較例2	M	400℃	4h	450℃	430℃	M
比較例3	I	600℃ (発火)	-	-	-	-
比較例4	G	550℃	2h	500℃	350℃	C
比較例5	E	350℃	8h	450℃	300℃	M
比較例6	H	550℃	1h	500℃	380℃	M

鍛造性の欄のNはクラックなし、Mはミクロクラックあり、  
Cはクラックあり、を意味する。

【0017】実施例13～15及び比較例7～8 \*の一定とした。このようにして得た鍛造品を表3に示す  
 実施例1～12及び比較例1～6に記載のようにして得 条件下で時効処理を実施した。時効処理前及び時効処理  
 た合金の種類G、I、Mのそれぞれの試験用ビレットを 後の鍛造品の硬さをマイクロピッカース、試験荷重30  
 熱処理温度500℃、熱処理時間4時間で均質化し、ビ 0g、荷重保持時間30秒、n=5で測定した。その結  
 レット温度470℃、金型温度300℃で図1に示す形 果は表3に示す通りであった。  
 状の製品に鍛造した。この際の鍛造速度は1.0m/s\* 【0018】

表 3

例番号	合金種	時効処理温度	時効処理時間	時効前硬さ	時効後硬さ
実施例13	G	250℃	5h	90	130
実施例14	I	280℃	12h	95	135
実施例15	M	200℃	50h	90	130
比較例7	G	250℃	500h	90	90
比較例8	I	150℃	10h	90	90

(比較例7の場合は過時効による結果である)。

【0019】実施例16

50 実施例13に記載の方法によって得た鍛造・時効処理の

施された合金種Gの製品から切り出しによって引張強さ測定用試験片を作成した。又、対照材として、実施例1～12及び比較例1～6に記載した鑄造法によって、前記の合金種G、WE54合金(Nd4.0重量%、Y5.0重量%、Zr0.6重量%、残部は不可避の不純物を除いてMgである)、及びAZ91C合金(Al9.0重量%、Zn0.7重量%、Mn0.2重量%、残部は不可避の不純物を除いてMgである)からなる試験用ピレットを作成し、鍛造することなしで時効処理を施して得たそれぞれの製品から切り出しによって引張強さ測定用試験片を作成した。これらの4種の試験片について温度と引張強さとの関係を求めたところ、図2に示す通りであった。図2から明らかなように、引張強さについて、本発明による鍛造品は室温から250℃の範囲で他の3種の試験片よりも優れており、250℃においても300MPa程度の引張強さを持っており、耐熱性に優れている。

#### 【0020】実施例17

実施例1～12及び比較例1～6に記載のようにして得た合金の種類Gの鍛造材を熱処理温度530℃、熱処理\*20

\*時間4時間で均質化し、鍛造材温度500℃、金型温度300℃で図3に示す形状のピストンを10個鍛造した。図3の(A)は底面図であり、(B)はA-A線断面図である。何れのピストンにもクラックやマイクロクラックは認められず、また、室温から250℃の範囲で充分な耐熱強度を持つピストンであった。

#### 【0021】

【発明の効果】本発明の製造法により、高温と室温の双方について強度の信頼性が要求される自動車用エンジン部品として用いるのに適している室温強度及び高温強度に優れているマグネシウム合金製の熱間鍛造品が提供される。

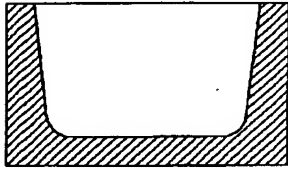
#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1～12及び比較例1～6で鍛造した鍛造品の断面図である。

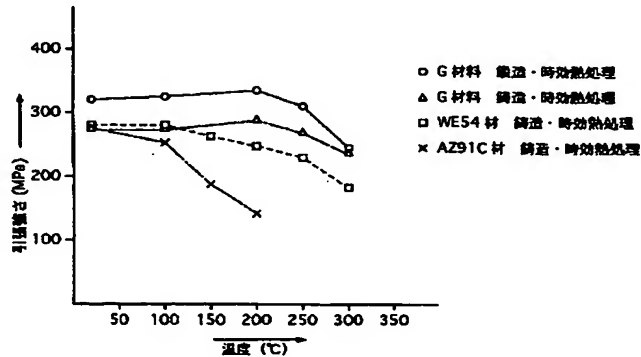
【図2】実施例16で得た4種の試験片について温度と引張強さとの関係を示すグラフである。

【図3】実施例17で成形したピストンの形状を示す底面図(A)及びA-A線断面図(B)である。

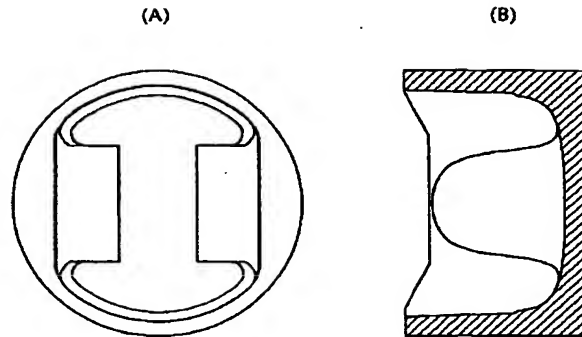
【図1】



【図2】



【図3】



## フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 信太郎  
新潟県南魚沼郡六日町大字二日町684-1  
株式会社東京精鍛工所六日町工場内

(72)発明者 関 伊佐夫  
新潟県南魚沼郡六日町大字二日町684-1  
株式会社東京精鍛工所六日町工場内

(72)発明者 濱 葆夫  
栃木県真岡市鬼怒ヶ丘11番地 日立金属株式会社素材研究所内

(72)発明者 小島 陽  
東京都東久留米市金山町2-19-4

(72)発明者 鎌土 重晴  
新潟県長岡市深沢町1769-1 長岡技術科学大学 深沢町宿舍2の101

(72)発明者 谷池 茂弘  
新潟県南魚沼郡六日町大字二日町684-1  
株式会社東京精鍛工所六日町工場内